



⑦① Anmelder:  
M.A.N. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG,  
8000 München, DE

⑦② Erfinder:  
Kreißl, Ottmar, Dipl.-Ing., 8047 Karlsfeld, DE;  
Kohlmannsperger, Josef, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000  
München, DE; Reichle, Michael, Dipl.-Phys. Dr., 8047  
Karlsfeld, DE

⑤④ Solaranlage

Beschrieben wird die Verwendung von Lichtleitern zum Energietransport bei Solaranlagen mit konzentrierenden Spiegeln und (Fresnel-)Linsen (10-12). Die in der jeweiligen Brennebene konzentrierte Strahlungsenergie wird in je einem oder mehreren Aufnahmekegeln (15a-17a) eingekoppelt, an einem oder mehrere Lichtleiter (15-17) weitergegeben und im Lichtleiter durch Vielfachtotalreflexion zu einem Energiewandler (13) geleitet, dessen Aufstellungsort dadurch unabhängig von der Lage des Spiegel- bzw. Linsensystems gewählt werden kann. Das Strahlenaustrittsende (25) der Lichtleiter wird senkrecht zu einer Einstrahlungsebene (26) des Energiewandlers gerichtet und in einem wählbaren Abstand von der Einstrahlungsfläche (26) angeordnet. Hierbei wird zur Vermeidung von Werkstoffproblemen bei den Energiewandlern die aus dem jeweiligen Leiter austretende, hochkonzentrierte Strahlung auf eine größere Fläche verteilt. (32 11 339)

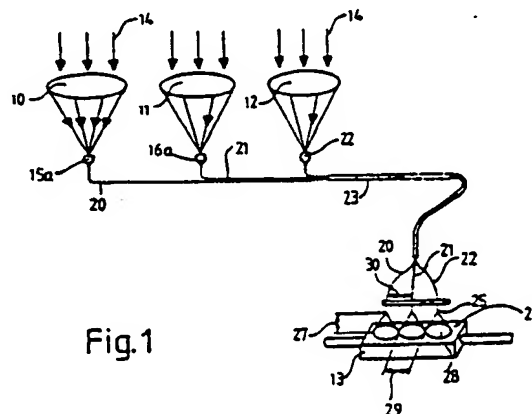


Fig.1

1 gü/sd

M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG  
Aktiengesellschaft

5

München, 25. März 1982

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

15

20

25

30

35

1. Solaranlage mit einem Energiewandler und mindestens einem Konzentrator, der die Sonnenstrahlen auf einen Brennfleck in der Brennebene konzentriert, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Brennfleck (15 - 17) und dem Energiewandler (13) ein das konzentrierte Sonnenlicht einkoppelnder optischer Aufnahmekegel (15a - 17a) und daran anschließend ein die konzentrierte Sonnenenergie weiterleitender Lichtleiter (20 - 22) vorgesehen ist.
2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (20 - 22) aus Quarz oder einem Material niedriger Dämpfung für die Sonnenenergie, insbesondere Polymethylmethacryl besteht.
3. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Austrittsende (25) des Lichtleiters (22) senkrecht zur Einstrahlungsfläche (26) des Energiewandlers (13) gerichtet und mit Abstand (27) zur Einstrahlungsfläche angeordnet ist.

7.2115

- 1        4.    Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
          dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Licht-  
          leiter (20 - 22) vorgesehen sind, die über  
5        der Einstrahlungsfläche (26) des Energiewandlers  
          (13) regelmäßig aufgeteilt angeordnet sind.
5.    Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
          dadurch gekennzeichnet, daß der Brennfleck (37)  
          des Konzentrators (35) im Aufnahmekegel (41) liegt.
- 10       6.    Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch  
          gekennzeichnet, daß der Strahlengang des Konzen-  
          trators (50) durch einen Sekundärreflektor (51)  
          abgelenkt wird, und daß der Brennfleck (53)  
15       des Sekundärreflektors in dem Aufnahmekegel (55)  
          enthaltenden Scheitel des Konzentrators liegt.
7.    Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
          dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsebene  
20       des Aufnahmekegels (41) dachförmig symmetrisch  
          ausgebildet ist.
8.    Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
          dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnahmekegel (41)  
25       trichterförmig ausgebildet ist.
9.    Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,  
          daß der Aufnahmekegel (41) voll ausgebildet ist  
          und aus Quarz oder einem Material niedriger  
30       Dämpfung für Sonnenenergie besteht.
10.   Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeich-  
          net, daß der trichterförmige Aufnahmekegel (41)  
          hohl ausgebildet ist.

35

7.2115  
25.03.1982

27.03.82

3211339

-3-

1        11.    Anlage nach Anspruch 10, dadurch gekenn-  
              zeichnet, daß der Aufnahmekegel (41) aus Metall  
              besteht.

5        12.    Anlage nach Anspruch 10, dadurch gekenn-  
              zeichnet, daß der trichterförmige Aufnahmekegel  
              (41) mit einer strahlenreflektierenden  
              Schicht beschichtet ist.

10

15

20

25

30

35

7.2115  
25.03.1982

1 gü/sd

M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG  
Aktiengesellschaft

5

München, 25. März 1982

Solaranlage

10

Die Erfindung bezieht sich auf eine Solaranlage mit einem  
Energiewandler und mit mindestens einem Konzentrator, der  
die Sonnenstrahlen auf einen Brennfleck in der Brenn-  
15 ebene konzentriert, wobei der Brennfleck fleckenförmig,  
insbesondere kreisförmig oder linienförmig sein kann.

20

Bisher bekannte Anlagen bestehen aus einem Feld mit Re-  
flektoren mit entweder mehreren jeweils mit einem der Re-  
flektoren verbundenen Absorbern oder einem in einem Turm  
angeordneten Strahlungsempfänger, der die von den Reflek-  
toren konzentrierte Strahlung aufnimmt und umwandelt.  
Bei diesen Anlagen ist man jedoch noch nicht zu zufrieden-  
stellenden Ergebnissen gekommen, da die hohen Investitions-  
25 kosten in einem ungünstigen Verhältnis zu dem relativ  
niedrigen Wirkungsgrad stehen. Ferner treten Werkstoff-  
probleme bei den verwendeten Strahlungsempfänger-  
Materialien und Sicherheitsprobleme durch die Heliostaten  
auf.

30

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anlage  
der eingangs genannten Art zu schaffen, die einerseits  
einen höheren Wirkungsgrad aufweist, aber fertigungstech-  
nisch einfacher ist als bisher bekannte Anlagen, anderer-  
35 seits aber inhärent sicher ist und Werkstoffprobleme ver-  
meidet.

7.2115  
25.03.1982

- 1 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß  
zwischen dem Brennfleck und dem Energiewandler ein  
Aufnahmekegel und davon anschließend ein die gebündelten  
Strahlen weiterleitender Lichtleiter vorgesehen ist.
- 5  
Ober den Aufnahmekegel wird die in der Brennebene konzen-  
trierte Strahlung weiter konzentriert und mit geringen  
Energieverlusten in den Lichtleiter eingekoppelt und  
an den Energiewandler weitergeleitet. Hierdurch braucht  
10 der Energiewandler nicht mehr, wie bisher, in der Brenn-  
ebene des Konzentrators angeordnet werden.
- 15  
Damit wird erreicht, daß die Konzentration einerseits  
und die Energiewandler andererseits als zwei getrennte  
Anlagen entsprechend den jeweiligen optimalen Bedingungen  
hergestellt werden können, was sowohl in bezug auf eine  
Leistungsverbesserung als auch für die Fertigung eine  
wesentliche Verbesserung darstellt.
- 20  
Hierdurch entfallen kostspielige Einrichtungen wie die  
Türme bei den Sonnenturmanlagen oder die langen Ver-  
rohrungen, wie sie bei sogenannten Solarfarmen mit in  
der Brennebene von Reflektoren angeordneten Absorbern  
notwendig sind. Der Konzentrator, der ein Spiegel-  
25 reflektor oder eine Fresnellinse sein kann, kann unab-  
hängig von der Art der Energiewandlung und getrennt  
von etwaigen mitzutragenden Rohren fertigungstechnisch  
einfach und der jeweiligen Lage optimal anpassbar aus-  
gestaltet werden.
- 30  
Außerdem kann der Energiewandler bequem und witterungs-  
sicher in einem Maschinenhaus auf dem Erdboden und sogar  
auch unterhalb der Erdoberfläche angeordnet werden.

35

7.2115

25.03.1982

1 Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist ein Quarz-  
lichtleiter mit niedriger Dämpfung im Spektralbereich  
der Sonnenstrahlung oder ein Kunststofflichtleiter mit  
ähnlichen Eigenschaften, insbesondere Polymethylmethacryl,  
5 vorgesehen. Hiermit läßt sich Sonnenlicht hoher Konzen-  
tration leiten, wobei außerdem ein relativ geringer  
Absorptionsverlust zu verzeichnen ist, der bei einer Länge  
von 250 m unter 25% liegt. Das Austrittsende des Licht-  
leiters wird senkrecht auf die Einstrahlfläche des Ener-  
10 giewandlers gerichtet und in einem Abstand von der  
Einstrahlfläche gehalten.

Die aus dem Lichtleiter austretende Strahlung facht  
sich zu einem Kegel auf, so daß die Energiedichte mit  
15 der Entfernung des Lichtleiteraustrittes abnimmt. Durch  
entsprechende Wahl des Abstandes zwischen dem Lichtleiter  
und der Einstrahlfläche des Energiewandlers können  
optimale Bedingungen zur verlustarmen Energieumwandlung  
geschaffen werden. Durch die hiermit erreichbare und  
20 wahlbare großflächige Aufteilung aus der Brennebene über  
den Aufnahmekegel aufgenommene Energie können örtliche  
Oberhitzungen - wie z.B. "Hot spots" - vermieden werden,  
die Materialwahl des Energiewandlers vergrößert und die  
Fertigung des Wandlers vereinfacht werden. Der Wirkungs-  
25 grad wird dadurch optimiert, daß die Rückstrahlung durch  
aufgeglühtes Material vermindert wird.

Entsprechend der geforderten Wirkung können mehrere Licht-  
leiter vorgesehen werden, die jeweils vom Aufnahmekegel  
30 gespeist werden und die über der Einstrahlungsfläche des  
Energiewandlers regelmäßig aufgeteilt angeordnet sind.

35

7.2115  
25.03.1982

1 Hiermit laßt sich die konzentrierte Strahlungsenergie  
mehrerer Reflektoren oder Fresnellinsen auf eine ge-  
meinsame Einstrahlungsfläche eines Energiewandlers  
leiten.

5

Durch die regelmäßige Aufteilung der Lichtleiteröff-  
nungen wird eine annähernd gleichmäßige Einstrahlung  
und damit eine gleichmäßige Erwärmung der Oberfläche  
des Energiewandlers erreicht, wodurch gleichzeitig  
10 thermisch bedingte Spannungen und Materialprobleme  
vermieden werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist  
vorgesehen, daß die Brennebene des Konzentrators im  
15 Aufnahmekegel liegt. In diesem Fall wird das räumlich  
auf den Aufnahmekegel folgende Lichtleiterende auf ein-  
fache Art und Weise mit möglichst dünnen (d.h. optisch  
möglichst wenig störenden) Verbindungsleitungen verbunden.

20 Es ist aber auch möglich, mit Hilfe eines Sekundär-  
reflektors die Sonnenenergie auf einen Ort zu konzen-  
trieren, der für die Anordnung des Aufnahmekegels vorteil-  
haft ist.

25 Eine vorteilhafte Anordnung besteht darin, daß sich die  
Eintrittsfläche des Aufnahmekegels im Scheitel des Haupt-  
konzentrators befindet, in dem der Brennfleck des Se-  
kundärreflektors fällt. Die Eintrittsöffnung des Aufnahme-  
kegels kann so groß gemacht werden, daß die gesamte  
30 Energie, die vom Konzentrador in der Brennebene gesammelt  
wird, in den Aufnahmekegel eingekoppelt wird. Bei der Aus-  
bildung einer symmetrisch-dachförmigen Eintrittsebene  
des Aufnahmekegels kann auch der Akzeptanzwinkel trotz  
geringer Baugröße des Kegels erhöht werden.

35

7.2115  
25.03.1982



- 1 Bei einer geringfügigen Verschiebung des Brennflecks  
durch z.B. unregelmäßige Nachführung des Konzentrators  
nach dem Sonnenstand kann dabei noch der Hauptanteil  
des konzentrierten Sonnenlichtes in den Aufnahmekegel  
5 eingekoppelt werden. Dabei läßt sich auch ein gewisser  
Betrag an diffuser Strahlung einfangen.

In der Zeichnung sind drei Ausführungsbeispiele gemäß  
der Erfindung schematisch dargestellt.

10

- In Fig. 1 ist eine erste Anordnung mit drei als Linsen  
ausgebildete Konzentratoren 10 bis 12 und einem Energie-  
wandler 13 dargestellt. Die auf die Linsen 10 bis 12 auf-  
treffenden Sonnenstrahlen 14 werden jeweils in Brenn-  
15 ebenen 15 bis 17 konzentriert. Die konzentrierte Sonnen-  
energie trifft jeweils auf eine ebene Eintrittsfläche  
eines Aufnahmekegels 15a bis 17a auf und wird im Kegel  
weiter konzentriert, dann über jeweils einen Lichtleiter  
20 bis 22 weitergeleitet und dem unabhängig vom Linsen-  
20 system 10 bis 12 angeordneten Energiewandler 13 zuge-  
führt. Hierzu sind die Lichtleiter 20 bis 21 in einer  
Schutzhülle 23 zusammengefaßt. Zur Bestrahlung des  
Energiewandlers 13 wird das Austrittsende 25 des  
jeweiligen Lichtleiters senkrecht auf die Einstrahlfläche  
25 26 des Wandlers 13 gerichtet und mit der Öffnung auf  
einen Abstand 27 von der Einstrahlfläche 26 gehalten.  
Die aus dem jeweiligen Lichtleiter 20 bis 27 divergent  
austretende Strahlung trifft in einer Kreisfläche 28  
auf die Einstrahlfläche 26 auf, wobei der Kreisdurchmesser  
30 29 vom Abstand 27 und der Lichtleiterapertur gegeben  
wird. Die auf diese Weise steuerbare Einstrahlenergie pro  
Flacheneinheit wird durch entsprechende Auslegung des  
Abstandes 27 so gewählt, daß einerseits ein Verlust durch  
Streuung minimiert und andererseits die Aufheizung des  
35 Energiewandlers 13 in wahlbaren Grenzen gehalten wird, die

7.2115

25.03.1982

- 1 von der Beschaffenheit des Wandlers und vom erwünschten  
Wirkungsgrad abhängt. Nach Festlegung des Abstandes 27  
wird der Abstand 30 zwischen den einzelnen Lichtleitern  
20 bis 22 unter Berücksichtigung des Durchmessers 29  
5 der Einstrahlfläche 28 so gewählt, daß die Einstrahl-  
flächen 28 möglichst genau aneinander angrenzen.

Der schematisch dargestellte Energiewandler 13 kann  
irgendeiner der bekannten Absorber bzw. Strahlungs-  
10 empfangener sein, mit denen die Strahlungsenergie ent-  
weder in Wärme oder direkt in elektrische Energie  
umgewandelt wird.!

In der Ausführung gemäß Fig. 2 wird als Konzentrator ein  
15 parabolischer Reflektor 35 verwendet, der die auf seine  
Reflexionsfläche auftretenden Sonnenstrahlen 36 auf  
einen kreisförmigen Brennfleck 37 in der Brennebene 34  
konzentriert. Mittels dünner Streben 38 wird ein Aufnahme-  
kegel 41 mit anschließendem Lichtleiter 39 so gehalten,  
20 daß der Brennfleck 37 innerhalb des Aufnahmekegels 41 zu  
liegenkommt. Die Eintrittsfläche 40 des Aufnahmekegels 41  
ist zur Erhöhung des Akzeptanzwinkels konvex bzw. dach-  
förmig angeschliffen. Hierdurch können beispielsweise  
25 hervorgerufene Streustrahlungen der optischen Reflektor-  
fläche vom Aufnahmekegel 41 noch teilweise aufgefangen  
werden. Ferner sind dadurch auch kleine Verschiebungen  
der Lage des Brennflecks weniger kritisch.

30 Bei Verwendung von Aufnahmekegeln aus Lichtleitern aus  
Quarz oder Kunststoff werden aufgrund des unterschied-  
lichen Brechungsindex zwischen dem Material des  
Aufnahmekegels bzw. des Lichtleiters und der Luft die Auf-  
auf die Stirnseite 40 auftreffenden Strahlen 45 ab-  
35 sorbiert und innerhalb des Aufnahmekegels 41 und des

1 Lichtleiters 39 durch vielfache Totalreflexionen weiter-  
geleitet. Die Reflexion innerhalb des Aufnahmekegels 41  
kann zusätzlich durch Reflexionsschichten verbessert  
werden.

5

Der Aufnahme kegel 41 kann auch hohl ausgebildet sein. In  
diesem Fall wird der Aufnahmekegel 41 je nach Anwendungs-  
fall und erforderliche Temperaturbeständigkeit aus Me-  
tall oder einem temperaturbeständigen Material herge-  
stellt und mit einer strahlenreflektierenden Schicht  
10 beschichtet.

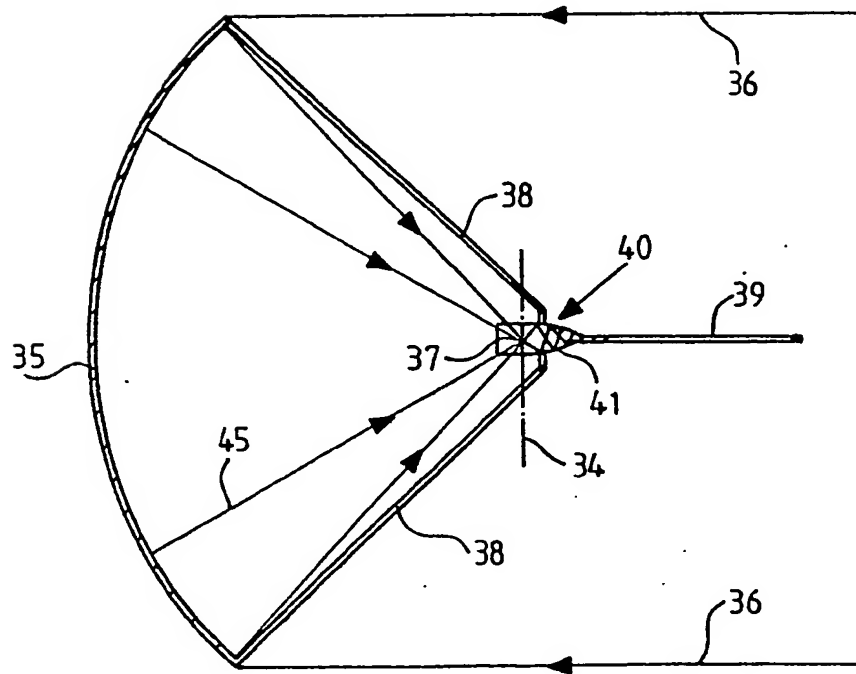
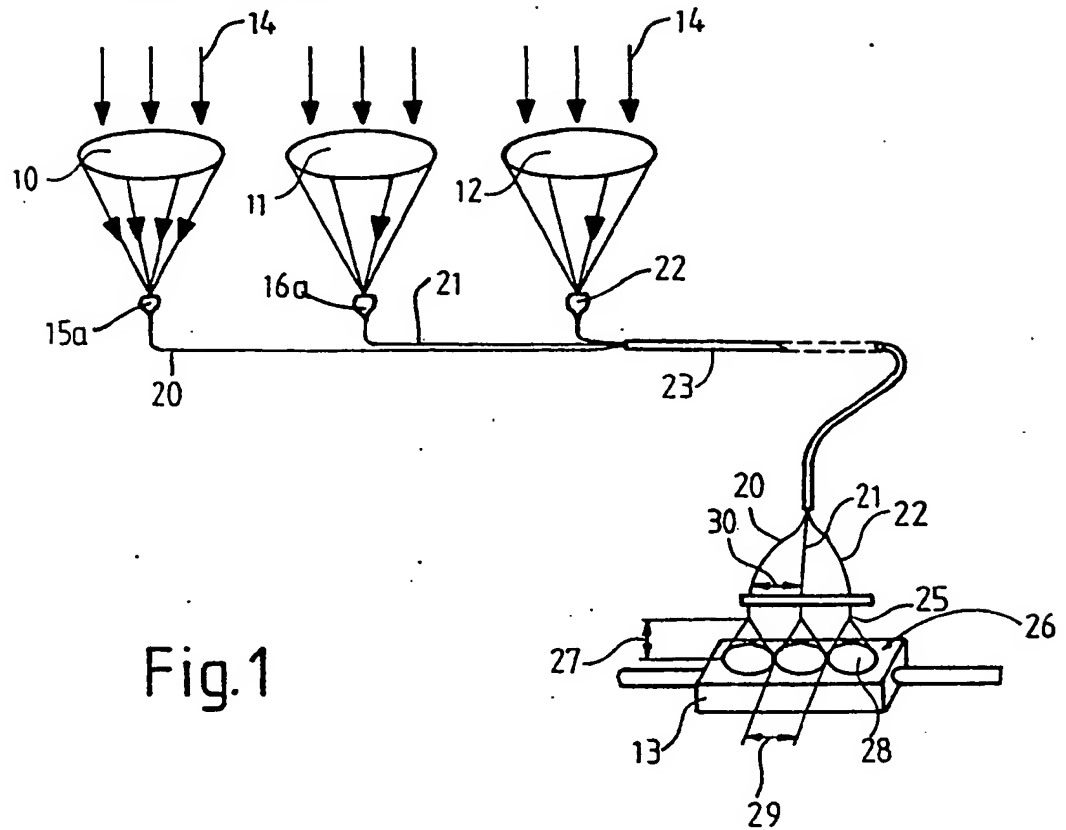
Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 ist als Konzentra-  
tor ein Primärreflektor 50 und ein Sekundärreflektor 51  
15 vorgesehen, wobei der Sekundärreflektor 51 den Strahlen-  
gang vom Primärreflektor 50 abknickt und auf einem im  
Scheitelpunkt des Primärreflektors 50 befindlichen  
Brennpunkt 52 konzentriert. An dieser Stelle ist eine  
Öffnung im Primärreflektor, die so groß ist, daß sie  
20 den Aufnahmekegel 55 aufnehmen kann. Im Anschluß an den  
Aufnahmekegel 55 ist der Lichtleiter angeordnet, der über  
den Lichtleiterstrang 56 die Energie zum nicht darge-  
stellten Energiewandler leitet.

25 Die Reflektoren 35 bzw. 50 und 51 gemäß Fig. 2 und 3  
können kreisförmig wie in den oberen Beispielen, aber  
auch zylinderparabolförmig ausgebildet sein. In diesem  
letzten Fall, bei dem die Darstellungen in Fig. 2 und 3  
einen Querschnitt darstellen könnten, werden Brennl  
30 gebildet, entlang denen eine Reihe von Aufnahmekegeln neben-  
einander angeordnet werden.

35

7.2115  
25.03.1932

- 11 -  
Leerseite



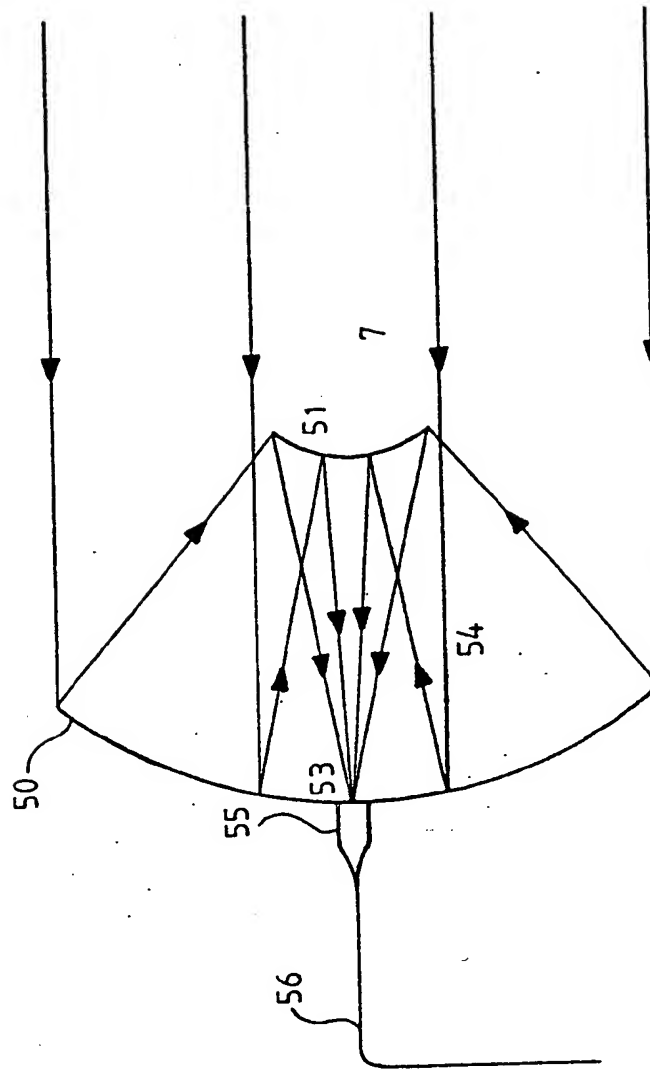


Fig. 3